

УДК 669.018

С. О. Морозов, М. А. Глебова*, А. А. Потапова, С. М. Никифорова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

**mariacaptain1@gmail.com*

Научный руководитель — проф. М. А. Филиппов

ПОВЫШЕНИЕ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАКАЛКОЙ

Дополнительным резервом повышения абразивной износостойкости сталей перлитного класса (У12, 70ХГМЛ, 150ХНМЛ) — служит высокотемпературная закалка с образованием в структуре метастабильного аустенита.

Максимальная износостойкость при абразивном изнашивании достигается после высокотемпературной закалки (1150 °С) в масле, формирующей мартенситную структуру с метастабильным аустенитом, при изнашивании превращающимся в мартенсит с высокой способностью к фрикционному упрочнению.

Ключевые слова: износостойкость, инструментальные стали, высокотемпературная закалка, метастабильный аустенит

INCREASING ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF INSTRUMENTAL STEELS HIGH-TEMPERATURE HARDENING

An additional reserve for increasing the abrasive wear resistance of pearlite class steels (U12, 70KHGML, 150KHNMML) is high-temperature hardening with the formation of metastable austenite in the structure.

The maximum wear resistance during abrasive wear is achieved after high-temperature hardening (1150 °C) in oil, which forms a martensitic structure with metastable austenite, which, when wear out, turns into martensite with a high ability to frictional hardening.

Key words: wear resistance, instrumental steels, hightemperature hadening metastable austenite

Одно из направлений решения актуальной проблемы повышения абразивной износостойкости машин горно-металлургиче-

ской и нефтедобывающей промышленности состоит в использовании метастабильного аустенита как диссипативной структуры со способностью к интенсивному упрочнению при фрикционном воздействии [1; 2]. Разработаны метастабильные аустенитные стали (МАС), применение которых для бронефутеровочных плит позволило повысить их износостойкость (в 1,5 раза) и сопротивление расклепыванию в условиях ударно-абразивного изнашивания. Такой эффект связан с тем, что образование кристаллов мартенсита деформации до 40–50 % способствует повышению микротвердости рабочей поверхности МАС до 10 ГПа в стали 120Г7ХЛ вместо 6 ГПа в стабильной аустенитной стали 110Г13Л [3], однако возможности использования метастабильного остаточного аустенита в сталях перлитного класса для повышения их износостойкости мало изучены.

В работе проанализировано поведение остаточного аустенита после различных режимов термической обработки в условиях абразивного изнашивания в углеродистых и хромисто-углеродистых износостойких сталях перлитного класса — У12, 150ХНМЛ и 70ХГМЛ. Показаны особенности формирования фазового состава и тонкой структуры фаз на рабочей поверхности образцов после высокотемпературной закалки и их влияние на абразивную износостойкость.

Таблица

Твердость и износостойкость стали У12

Режим ТО	Твердость HRC/HRB	Потеря массы, г	Относительная износостойкость
Нормализация, нагрев 950 °С, охл. на воздухе	28/269	$\Delta M = 0,440$	1,0
Закалка, 1000 °С, вода	61/627	$\Delta M = 0,240$	1,83
Закалка, 1050 °С, вода	60/611	—	—
Закалка, 1100 °С, вода	58/582	$\Delta M = 0,200$	2,20
Закалка, 1150 °С, вода	55/542	$\Delta M = 0,200$	2,20

Повышение температуры закалки от 900 до 1150 °С приводит к образованию значительного количества углеродистого метастабильного остаточного аустенита (до 20 % в стали У12 и до 85 % — в стали 150ХНМЛ), превращение которого в мартенсит происходит на поверхности изнашивания, что вызывает сильное упрочнение рабочей поверхности (микротвердость рабочей поверхности обеих изученных

сталей после изнашивания достигает значений $HV_{50} = 10,5\text{--}11$ ГПа) и, как следствие, повышение абразивной износостойкости, несмотря на снижение их начальной твердости после закалки. При этом, если в стали У12 рост абразивной износостойкости происходит до температуры закалки 1100°C , достигая насыщения при этой температуре (см. таблицу), то в легированных сталях повышение абразивной износостойкости происходит до температуры закалки 1150°C .

Электронно-микроскопическое исследование тонкой структуры рабочей поверхности образцов стали 150ХНМЛ после абразивного изнашивания показало, что деформация в процессе изнашивания происходит не только по механизму скольжения с увеличением плотности дислокаций, но и путем механического множественного двойникования. Наряду с двойниками деформации на рабочей поверхности при прохождении твердых частиц абразива образуются группы параллельных микрокристаллических и нанокристаллических кристаллов мартенсита деформации.

Формирующаяся на рабочей поверхности после высокотемпературной закалки и первых циклов фрикционного воздействия микро- и нанокристаллическая диссипативная вторичная структура с чередующимися кристаллами аустенита и мартенсита, обладает способностью к релаксации напряжений в процессе $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения, высокой склонностью к фрикционному упрочнению и абразивной износостойкостью. Такая структура с чередующимися нанокристаллическими участками мартенсита и остаточного аустенита представляет собой синергетическую систему, сохраняющую способность к воспроизводству при повторяющихся циклах абразивного изнашивания рабочей поверхности, когда достигается критический уровень напряжений в участках аустенита, на дне царапин образуются новые ряды кристаллов мартенсита и поддерживается высокий уровень упрочнения рабочей поверхности.

Абразивная износостойкость стали 70ХГМЛ с такой микроструктурой на 40 % превышает абразивную износостойкость стали 110 Г13Л, стали У12 — в 1,5, а стали 150ХНМЛ — в 3 раза.

Литература

1. Счастливцев В. М., Филиппов М. А. Роль принципа метастабильности аустенита Богачева—Минца при выборе износостойких материалов // Металлургия. 2005. № 1 (595). С. 6—9.

2. Влияние упрочняющей фрикционной обработки на химический состав, структуру и трибологические свойства высокоуглеродистой стали / А. В. Макаров [и др.] // Физика металлов и металловедение. 2010. Т. 110, № 5. С. 530–544.

3. Филиппов М. А., Филиппенков А. А., Плотников Г. Н. Износостойкие стали для отливок. М. : Металлургия, 2009. 358 с.